

**PERENCANAAN PENJADWALAN *FLOWSHOP*
MENGUNAKAN *CAMEL OPTIMIZATION*
ALGORITHM (COA) UNTUK MEMINIMASI
KONSUMSI ENERGI**

(STUDI KASUS : PT. Fajar Putra Plasindo)

Skripsi

Diajukan Kepada Universitas Muhammadiyah Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Akademik
Dalam Menyelesaikan Program Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

WAHYU ADITYA

201610140311092

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG**

2021

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI
PERENCANAAN PENJADWALAN *FLOWSHOP*
MENGGUNAKAN *CAMEL OPTIMIZATION ALGORITHM*
(COA) UNTUK MEMINIMASI KONSUMSI ENERGI
(PT. Fajar Putra Plasindo)



Disusun Oleh :

WAHYU ADITYA
201610140311092

Menyetujui dan Mengesahkan :

Malang, 2 Juni 2021

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Muhammad Lukman, M.T., IPM., ASEAN.Eng

Dana Marsetiya Utama, S.T., M.T.

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Industri



Shanty Kusuma Dewi., S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

Skripsi saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana baik di Universitas Muhammadiyah Malang maupun di Perguruan Tinggi lain.

Skripsi ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan dari pihak lain kecuali Dosen Pembimbing.

Dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan aturan yang berlaku.

Malang, 2 Juni 2021

Yang membuat pernyataan



Wahyu Aditya

201610140311092

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadiran Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi dengan baik dan dalam keadaan sehat wal'afiat. Sholawat serta salam tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW., sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi ini yang berjudul **“PERENCANAAN PENJADWALAN *FLOWSHOP* MENGGUNAKAN *CAMEL OPTIMIZATION ALGORITHM* (COA) UNTUK MEMINIMASI KONSUMSI ENERGI”** sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik di jurusan Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Malang.

Dalam penyusunan laporan ini, tentunya penulis tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak. Untuk itu, dalam kesempatan ini penulis akan mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT. yang telah memberikan kesehatan, kemudahan, ilmu pengetahuan, dan rahmat kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi ini dengan lancar.
2. Ayah, ibu, dan keluarga saya yang telah mendukung saya untuk menyelesaikan tugas akhir skripsi ini dengan baik.
3. Bapak Ir. Muhammad Lukman, M.T.,IPM.,ASEAN.Eng Dosen Pembimbing I saya yang telah membimbing dan mengarahkan saya jika terjadi kesalahan dalam pengerjaan skripsi. Terima kasih karena bapak telah meluangkan waktunya ditengah kesibukan dan segala ilmu yang bapak berikan kepada saya.
4. Bapak Dana Marsetiya Utama S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing II saya yang membimbing dan meluangkan waktunya untuk saya. Semoga ilmu yang telah bapak berikan akan bermanfaat dikemudian hari.
5. Kepada pihak perusahaan terutama Bapak Rizal Arianto selaku pembimbing lapangan di PT. Fajar Putra Plasindo yang telah memberikan kesempatan dalam melaksanakan penelitian

6. Kepada Nanda Wahyu Nuhaa yang menjadi partner perjuangan dalam menyelesaikan Tugas akhir ini.
7. Kepada Rio, Akmal, dan Aldo yang telah menesupport saya saat penyelesaian tugas akhir ini.
8. Kawan-Kawan saya Teknik Industri 2016 Kelas B terutama yang sudah menjadi kawan selama menjalani masa perkuliahan hingga tahap akhir dalam menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan dan penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari kata kesempurnaan. Untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis menerima segala saran dan kritik yang bersifat membangun.

Besar harapan penulis, semoga tugas akhir ini dapat memberikan banyak manfaat baik bagi penulis sendiri serta bagi semua yang membacanya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, 2 Juni 2021

Wahyu Aditya



DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	
Lembar Pengesahan Skripsi	
Lembar Asistensi Skripsi	
Berita Acara Ujian	
Surat Pernyataan Keaslian	
Surat Keterangan Pengambilan Data dari Perusahaan	
Kata Pengantar	i
Abstrak	ii
<i>Abstract</i>	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II LANDASAN TEORI.....	4
2.1 Konsep Penjadwalan Produksi	4
2.2 Tujuan Penjadwalan	4
2.3 Pengertian Perencanaan Penjadwalan <i>Flow Shop</i>	5
2.4 Tipe Aliran <i>Flow Shop</i>	5
2.5 Penjadwalan Berkelompok (<i>Batch Scheduling</i>)	5
2.6 Klasifikasi Penjadwalan	8
2.7 Istilah dalam Penjadwalan	9
2.8 Ukuran Performansi Penjadwalan	10
2.9 Gantt Chart	10
2.10 Konsumsi Energi.....	11
2.11 Algoritma Camel Optimization (COA)	12

2.12	Literature Review	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		18
3.1	Tahapan <i>Flowchart</i> Penelitian.....	18
3.2	Deskripsi Metodologi Penelitian	18
3.2.1	Tahap Identifikasi Permasalahan Awal.....	19
3.2.2	Tahap Pengumpulan Data	19
3.2.3	Tahap Pengolahan Data.....	20
3.2.4	Perbandingan Performansi Metode FCFS dan Metode COA	24
3.3	Kesimpulan dan Saran	24
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		25
4.1	Tinjauan Perusahaan.....	25
4.1.1	Profil Perusahaan	25
4.1.2	Proses Produksi	25
4.2	Pengumpulan Data	27
4.2.1	Data Order.....	27
4.2.2	Data Mesin yang digunakan.....	28
4.2.3	Data Waktu Proses Mesin	28
4.3	Pengolahan Data.....	30
4.3.1	Pengujian Validasi Coding MATLAB menggunakan Contoh Kasus Sederhana.....	30
4.3.2	Penjadwalan Metode Algoritma <i>Camel Optimization</i> (COA)	40
4.3.3	Uji Performansi	42
4.3.4	Perbandingan Penjadwalan Metode Perusahaan dengan COA.....	43
4.4	Analisis Sensitivitas	43
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....		46
5.1	Analisis Hasil Penjadwalan Perusahaan dan Penjadwalan Usulan COA.....	46
5.1.1	Analisis Penjadwalan Perusahaan	46
5.1.2	Analisis Penjadwalan Usulan Metode COA	47
5.2	Analisis Perbandingan Total Konsumsi Energi Perusahaan dan COA ..	50
5.3	Analisis Sensitivitas	50
5.4	Jadwal Produksi Metode Usulan	52

BAB VI PENUTUP	54
6.1 Kesimpulan.....	54
6.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA.....	55



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Notasi <i>Batch Scheduling</i>	7
Tabel 2. 2 Literatur Review Jurnal Pendukung.....	16
Tabel 3. 1 Tabel Data Pekerjaan (<i>Job</i>).....	19
Tabel 3. 2 Data Mesin	19
Tabel 3. 3 Tabel Waktu Proses Produksi Pallet	20
Tabel 3. 4 Tabel Perbandingan Konsumsi Energi.....	23
Tabel 3. 5 Tabel Perbandingan Waktu Komputasi	23
Tabel 3. 6 Tabel Perbandingan Performansi	24
Tabel 4. 1 Data Order Perusahaan 10 Februari – 15 Februari 2020	27
Tabel 4. 2 Data Mesin yang digunakan.....	28
Tabel 4. 3 Waktu Proses tiap Mesin Per-Unit.....	28
Tabel 4. 4 Waktu Proses Tiap Job Tanggal 10 Februari – 15 Februari 2020	29
Tabel 4. 5 Data Contoh Kasus Sederhana.....	30
Tabel 4. 6 Perhitungan Manual FCFS.....	31
Tabel 4. 7 <i>Random Number</i>	33
Tabel 4. 8 Rekapitulasi Posisi Awal Unta Menggunakan Random	33
Tabel 4. 9 Penentuan Job Menggunakan Urutan Random LRV	34
Tabel 4. 10 Urutan Job pada Posisi Awal (LRV).....	34
Tabel 4. 11 Hasil Konsumsi Energi Tiap Lokasi Unta	34
Tabel 4. 12 Nilai Random untuk Visibilitas (v).....	35
Tabel 4. 13 Suhu Lingkungan tiap Lokasi	35
Tabel 4. 14 Rekapitulasi Daya Tahan Tubuh Unta	36
Tabel 4. 15 Rekapitulasi Posisi Unta Kasus Sederhana Iterasi 2.....	36
Tabel 4. 16 Urutan Job Iterasi 2 Setelah LRV	37
Tabel 4. 17 Perhitungan Metode FCFS.....	39
Tabel 4. 18 Rekapitulasi Hasil Konsumsi energi Metode COA	40
Tabel 4. 19 Rekapitulasi Hasil Waktu Komputasi (Detik) Metode COA.....	40
Tabel 4. 20 Perhitungan Metode Manual COA	41
Tabel 4. 22 Perbandingan Hasil	43
Tabel 4. 23 Rekapitulasi Sensitivitas Pengaruh Kapasitas Populasi 50.....	44

Tabel 4. 24 Rekapitulasi Sensitivitas Pengaruh Kapasitas Populasi 200.....	44
Tabel 4. 25 Rekapitulasi Sensitivitas Pengaruh Kapasitas Populasi 500.....	45
Tabel 5. 1 Tabel Jadwal Produksi	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pola Aliran <i>Pure Flow Shop</i>	5
Gambar 2. 2 Struktur Batch	6
Gambar 2. 3 contoh gantt chart	11
Gambar 2. 4 <i>Pseudo Code Camel Algorithm</i>	15
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian	18
Gambar 3. 2 Flowchart COA	22\
Gambar 4. 1 Proses Produksi Pallet Plastik	26
Gambar 4. 2 Mesin <i>Mixer</i> LSHH-300.....	26
Gambar 4. 3 Mesin <i>Injection GS</i>	27
Gambar 4. 4 Gantt Chart Kasus Sederhana.....	31
Gambar 4. 5 Hasil Perhitungan Menggunakan Matlab R2014a	32
Gambar 4. 7 Urutan LRV Iterasi 2.....	37
Gambar 4. 8 Validasi dengan Matlab.....	38
Gambar 5. 1 Total Konsumsi Energi FCFS	46
Gambar 5. 2 Rekapitulasi Hasil Konsumsi Energi COA	47
Gambar 5. 3 Rekapitulasi Hasil Konsumsi Energi Proses COA.....	48
Gambar 5. 4 Rekapitulasi Total Konsumsi Energi <i>Idle</i>	48
Gambar 5. 5 Rekapitulasi Total Batch COA.....	49
Gambar 5. 6 Perbandingan Waktu Komputasi.....	49
Gambar 5. 7 Perbandingan konsumsi energi FCFS dengan COA	50
Gambar 5. 8 Rekapitulasi analisis Sensitivitas Pengaruh Kapasitas Lot	51
Gambar 5. 9 Gantt Chart Metode COA	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, R. S., Alnahwi, F. M., & Abdullah, A. S. (2019). A modified camel travelling behaviour algorithm for engineering applications. *Australian Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 16(3), 176-186.
- Assia, S. (2019). *Non-permutation flow shop scheduling problems with unavailability constraints to Minimize Total Energy Consumption*. Paper presented at the 2019 5th International Conference on Optimization and Applications (ICOA).
- Baker, K. R., & Trietsch, D. (2013). *Principles of sequencing and scheduling*: John Wiley & Sons.
- Baroto, T. (2002). Perencanaan Persediaan Suku Cadang (Spare Part) Mesin Tenun Sulzer Ruti Berdasarkan Analisis Keandalan. *Jurnal Teknik Industri*, 3(2), 155-162.
- Bukchin, J., Tzur, M., & Jaffe, M. (2002). Lot splitting to minimize average flow-time in a two-machine flow-shop. *IIE transactions*, 34(11), 953-970.
- Dai, M., Tang, D., Giret, A., Salido, M. A., & Li, W. D. (2013). Energy-efficient scheduling for a flexible flow shop using an improved genetic-simulated annealing algorithm. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 29(5), 418-429.
- Firdaus, M., Masudin, I., & Utama, D. M. (2015). Penjadwalan Flowshop Dengan Menggunakan Simulated Annealing. *Spektrum Industri*, 13.
- Gebreyohanes, M., & Assen, A. (2017). Adaptation mechanisms of camels (*Camelus dromedarius*) for desert environment: a review. *J. Vet. Sci. Technol*, 8, 1-5.
- Ginting, R. (2009). Penjadwalan Mesin. *Yogyakarta: Graha Ilmu*.
- Harto, S., Garside, A. K., & Utama, D. M. (2016). penjadwalan produksi menggunakan algoritma jadwal non delay untuk meminimalkan makespan studi kasus di cv. Bima mebel. *spektrum industri*, 14(1), 79-88.
- Ibrahim, M. K., & Ali, R. S. (2016). Novel Optimization Algorithm Inspired by Camel Traveling Behavior. *Iraqi Journal for Electrical And Electronic Engineering*, 12(2), 167-177.
- Liu, C.-H., & Huang, D.-H. (2014). Reduction of power consumption and carbon footprints by applying multi-objective optimisation via genetic algorithms. *International Journal of Production Research*, 52(2), 337-352.

- Mansouri, S. A., Aktas, E., & Besikci, U. (2016). Green scheduling of a two-machine flowshop: Trade-off between makespan and energy consumption. *European Journal of Operational Research*, 248(3), 772-788.
- Masudin, I., Utama, D. M., & Susastro, F. (2014). PENJADWALAN FLOWSHOP MENGGUNAKAN ALGORITMA NAWAZ ENSCORE HAM. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 13(1), 54-59.
- Mouzon, G., Yildirim, M. B., & Twomey, J. (2007). Operational methods for minimization of energy consumption of manufacturing equipment. *International Journal of Production Research*, 45(18-19), 4247-4271.
- Oliva, D., El Aziz, M. A., & Hassanien, A. E. (2017). Parameter estimation of photovoltaic cells using an improved chaotic whale optimization algorithm. *Applied energy*, 200, 141-154.
- Öztop, H., Tasgetiren, M. F., Eliyi, D. T., Pan, Q.-K., & Kandiller, L. (2020). An Energy-Efficient Permutation Flowshop Scheduling Problem. *Expert systems with applications*, 113279.
- Pinedo, M. (2012). *Scheduling*: Springer.
- Schulz, S. (2018). *A Genetic Algorithm to Solve the Hybrid Flow Shop Scheduling Problem with Subcontracting Options and Energy Cost Consideration*. Paper presented at the International Conference on Information Systems Architecture and Technology.
- Shrouf, F., Ordieres-Meré, J., García-Sánchez, A., & Ortega-Mier, M. (2014). Optimizing the production scheduling of a single machine to minimize total energy consumption costs. *Journal of cleaner production*, 67, 197-207.
- Utama, D. M. (2019a). An effective hybrid sine cosine algorithm to minimize carbon emission on flow-shop scheduling sequence dependent setup. *Jurnal Teknik Industri*, 20(1), 62-72.
- Utama, D. M. (2019b). *Pengembangan algoritma neh dan cds untuk meminimasi consumption energy pada penjadwalan flow shop*. Paper presented at the Prosiding SENTRA (Seminar Teknologi dan Rekayasa).
- Utama, D. M., Ardiansyah, L. R., & Garside, A. K. (2019). Penjadwalan Flow Shop untuk Meminimasi Total Tardiness Menggunakan Algoritma Cross Entropy–Algoritma Genetika. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 18(2), 133-141.
- Wang, G., Li, X., Gao, L., & Li, P. (2019). A Multi-Objective Whale Swarm Algorithm for Energy-Efficient Distributed Permutation Flow shop Scheduling Problem with Sequence Dependent Setup Times. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 235-240.

Zheng, X., Zhou, S., Xu, R., & Chen, H. (2020). Energy-efficient scheduling for multi-objective two-stage flow shop using a hybrid ant colony optimisation algorithm. *International Journal of Production Research*, 58(13), 4103-4120.



Bab 1 Wahyu Aditya

ORIGINALITY REPORT

5%

SIMILARITY INDEX

5%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

www.scribd.com

Internet Source

2%

2

pt.scribd.com

Internet Source

2%

3

repository.ub.ac.id

Internet Source

2%

Exclude quotes Off

Exclude bibliography Off

Exclude matches Off

Bab 2 Wahyu Aditya

ORIGINALITY REPORT

9%	7%	1%	1%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	eprints.umm.ac.id Internet Source	6%
2	e-journal.uajy.ac.id Internet Source	1%
3	Submitted to Laureate Higher Education Group Student Paper	1%
4	scholarworks.waldenu.edu Internet Source	<1%
5	Konstantin Biel, Christoph H. Glock. "Systematic literature review of decision support models for energy-efficient production planning", Computers & Industrial Engineering, 2016 Publication	<1%
6	www.coursehero.com Internet Source	<1%
7	"Analysis and Algorithms for Service Parts Supply Chains", Springer Science and Business Media LLC, 2005	<1%

Publication

8

Hans-Peter Piepho, Martin P. Boer, Emlyn R. Williams. "Tensor P-Spline Smoothing for Spatial Analysis of Plant Breeding Trials", Cold Spring Harbor Laboratory, 2021

Publication

<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off

Bab 3 Wahyu Aditya

ORIGINALITY REPORT

16%	16%	0%	0%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	eprints.umm.ac.id	13%
	Internet Source	
2	res.mdpi.com	3%
	Internet Source	

Exclude quotes	Off	Exclude matches	< 2%
Exclude bibliography	Off		

Bab 4 Wahyu Aditya

ORIGINALITY REPORT

13 %	13 %	1 %	1 %
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	eprints.umm.ac.id Internet Source	11 %
2	repositori.uin-alauddin.ac.id Internet Source	<1 %
3	Submitted to Higher Education Commission Pakistan Student Paper	<1 %
4	Yasaman Mehravaran, Rasaratnam Logendran. "Non-permutation flowshop scheduling with dual resources", Expert Systems with Applications, 2013 Publication	<1 %
5	eprints.uny.ac.id Internet Source	<1 %
6	www.slideshare.net Internet Source	<1 %
7	repository.its.ac.id Internet Source	<1 %

Exclude quotes Off

Exclude bibliography Off

Exclude matches Off

Bab 5 Wahyu Aditya

ORIGINALITY REPORT

5 %	5 %	2 %	1 %
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	eprints.umm.ac.id Internet Source	2 %
2	es.wikipedia.org Internet Source	1 %
3	Muhammad Yasin, Darnawati ., Harlin Yusuf, Iman Ashari, Muhammad Mancipto Hamid. "PENGEMBANGAN STRATEGI PEMBELAJARAN (INDUKTIF Vs DEDUKTIF)DAN SELF-EFFICACY YANG SESUAI DENGAN PERKEMBANGAN PENGETAHUAN SISWA TENTANG KONSEP DASAR MATEMATIKA DI SD SE-KOTA KENDARI SULAWESI TENGGARA", Gema Pendidikan, 2019 Publication	1 %
4	www.coursehero.com Internet Source	1 %
5	ejournal.bsi.ac.id Internet Source	1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off

Bab 6 Wahyu Aditya

ORIGINALITY REPORT

0%

SIMILARITY INDEX

0%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

Exclude quotes Off
Exclude bibliography Off

Exclude matches Off